

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГРУШЕЦЬКИЙ СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 631.356.43

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ПАРАМЕТРІВ
ЛЕМІШНО-ПОЛИЦЕВОГО КАРТОПЛЕКОПАЧА
З БАРАБАННИМ СЕПАРАТОРОМ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ**

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Подільському державному аграрно-технічному університеті Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Бендера Іван Миколайович,
Подільський державний аграрно-технічний університет,
директор інституту механізації і електрифікації
сільського господарства,
Заслужений працівник освіти України.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Булгаков Володимир Михайлович,
Українська академія аграрних наук,
академік-секретар Відділення механізації
та електрифікації, член-кореспондент УААН,
Заслужений винахідник України;

кандидат технічних наук, доцент
Смолінський Станіслав Вікторович,
Національний аграрний університет
Кабінету Міністрів України,
доцент кафедри сільськогосподарських машин
імені академіка П.М. Василенка.

Захист відбудеться “07” листопада 2008 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.854.02 Вінницького державного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, мод. 4)

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького державного аграрного університету за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3

Автореферат розісланий “26” вересня 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Цуркан О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Картоплярство – одна з галузей сільськогосподарського виробництва, робота в якій пов'язана зі значними енерговитратами і витратами праці. Затрати на механізоване збирання складають 50-60% від загальних затрат, з них близько 55% затрат енергії припадає на сепаруючі робочі органи. До 60-70% затрат праці витрачається на збиранні. Це пояснюється тим, що в підкопаній бульбоносній масі, яка подається на сепаруючі робочі органи, вміст бульб картоплі складає всього 2-3% від загальної маси. Тому якість вихідного продукту більшою мірою залежить від роботи сепараторів. З цього випливає, що сепаруючі робочі органи є основою для забезпечення якісних показників роботи картоплезбиральних машин.

Враховуючи технічне та соціальне значення розробки нових та удосконалення існуючих конструкцій картоплезбиральних машин в цілому та сепаруючих пристроїв зокрема, недостатні теоретичне обґрунтування та практичні розробки в галузі, темою дисертаційного дослідження обрано “Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху”.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася у відповідності до програм досліджень кафедри сільськогосподарських машин інституту механізації та електрифікації сільського господарства Подільського державного аграрно-технічного університету і відповідає вимогам паспорту спеціальності 05.05.11 – “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”, який затверджено Президією ВАК України. Тема дисертаційного дослідження спрямована на вирішення науково-технічної проблеми із розробки та впровадження машин для збирання картоплі у рамках цільової комплексної програми “Національна програма розробки і виробництва технологічних комплексів машин і обладнання сільського господарства, харчової та переробної промисловості”, затвердженої Кабінетом Міністрів України 7 березня 1996 року. Тема дисертації затверджена вченою Радою факультету механізації сільського господарства 19 лютого 2002 р. (протокол № 6), уточнена вченою Радою Інституту механізації і електрифікації сільського господарства 6 лютого 2005 р. (протокол № 4) та узгоджена НДР і ДКР (РК № 0105U008213).

Об'єкт дослідження: лемішно-полицевий картоплекопач з барабанним сепаратором і його конструктивні та кінематичні параметри, картопляний ворох, процес сепарації.

Предмет дослідження: взаємодія лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором із картопляним ворохом, а також залежність ефективності роботи робочих органів від конструктивних параметрів та режимів роботи.

Мета дослідження: зменшення механічних пошкоджень бульб при забезпеченні якісних показників процесу сепарації картопляного вороху шляхом розробки конструкції і оптимізації параметрів та режимів роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором.

Відповідно до мети дослідження поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати існуючі конструкції картоплезбиральних машин, результати експериментальних і теоретичних досліджень підкопуючих робочих органів та сепараторів картопляного вороху і на їх основі розробити нову конструкцію картоплекопача з барабанним сепаратором;

2. Обґрунтувати конструктивну схему розробленого лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху;

3. Розробити математичні моделі руху картопляного вороху по лемішно-полицевій поверхні, просіювання дрібної фракції ґрунту, перемішування вороху, руйнування грудок та пошкодження бульб на барабанному сепараторі;

4. Теоретично дослідити процес роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором, а також оптимізувати головні параметри і режими;

5. На підставі результатів лабораторно-польових експериментальних досліджень уточнити оптимальні значення параметрів і режимів роботи досліджуваного робочого органу та визначити агротехнічні показники роботи картоплезбиральної машини з установленим на неї сепаратором;

6. Визначити ефективність використання лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором.

Методи дослідження. Серед методів дослідження основними були: *теоретичні* – дослідження виконувалися з використанням положень вищої математики, теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії масових середовищ, методами математичного моделювання робочих процесів, алгоритмізації обчислень з використанням сучасних пакетів прикладних програм; *експериментальні* – дослідження проводились відповідно до прийнятої методики і галузевих стандартів в лабораторних і польових умовах на розробленій експериментальній установці з використанням планування багатofакторного експерименту. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалася на ПЕОМ за допомогою прикладних програм.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- вперше розроблено математичні моделі для визначення конструктивних та кінематичних параметрів лемішно-полицевої картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором картопляного вороху;
- удосконалені математичні моделі руху тіла по лемішно-полицевій поверхні і сепаратору та процесу сепарації;
- подальшого розвитку набули теоретичні і експериментальні залежності впливу технологічних та кінематичних параметрів роботи машини і сепаратора на якісні показники роботи.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень розроблено методику інженерного проектування лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором. Визначено раціональні параметри та режими роботи сепаратора для ґрунтових умов – суглинку середнього, що уможливило підвищення ступеня сепарації картопляного вороху та зниження ступеня пошкодження бульб. Створена конструкція лемішно-полицевої картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором, технічна новизна якої підтверджена 4 патентами України на винахід (№ 56530А, № 60496А, № 66658А, № 66253А). Результати досліджень взяті до впровадження під час удосконалення існуючої та розробки нової картоплезбиральної техніки спеціалізованим конструкторським бюро ВАТ “Шепетівський завод культиваторів” (акт від 28 листопада 2007 р.) та конструкторським відділом ВАТ “Кам’янець-Подільськсільмаш” (акт від 23 жовтня 2006 р.).

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно проведена така робота: зроблено аналіз конструкцій підкопуючих робочих органів і сепараторів картопляного вороху; розроблено конструкцію лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху; побудовано математичну модель руху тіла по поверхні лемішно-полицевій та внутрішній поверхні барабанного сепаратора; розроблено конструкцію лабораторної установки для дослідження сепарації; проведені експериментальні дослідження та опрацювання експериментальних даних для визначення оптимальних конструктивних параметрів і режимів роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором; спроектовано та виготовлено електронно-вимірювальний комплекс для реєстрації експериментальних даних.

У технічних рішеннях, захищених патентами України на винахід, частка кожного співавтора однакова. В інших опублікованих наукових працях по темі дисертаційної роботи частка здобувача складає близько 70% [1-6, 14-18].

Апробація результатів досліджень. Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались на: щорічних конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів Подільського державного аграрно-технічного університету (2002-2008); науково-технічній конференції Львівського державного аграрного університету “Агроінженерні дослідження” (Львів, 2003); IV Міжнародній науково-технічній конференції “Механізація і енергетика сільського господарства” MOTROL’03 (Київ, 2003); науково-технічній конференції Таврійської державної агротехнічної академії (Мелітополь, 2003); науково-технічній конференції, присвяченій пам’яті академіка Петра Василенка Харківського державного технічного університету сільського господарства “Механізація сільського господарства” (Харків, 2003); VI державній науково-практичній конференції молодих вчених, аспірантів і докторантів “Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті” (Біла Церква, 2007); III Міжнародній науковій конференції “Новітні матеріали та технології в будові та експлуатації машин” 6-8.09. 2007 (Кам’янець-Подільський, Україна); розширеному засіданні Вченої Ради інституту механізації і електрифікації сільського господарства і кафедр сільськогосподарських машин, механізації сільськогосподарського виробництва та машиновикористання Подільського державного аграрно-технічного університету (Кам’янець-Подільський, 2008).

Публікації. Основні результати дослідження відображені у 18 публікаціях, з них 5 статей у науково-фахових виданнях, 1 – в іноземних, 7 – деклараційних патентах України на винаходи та 5 – у матеріалах і тезах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів, висновків і пропозицій, 69 додатків, та списку використаних джерел зі 171 найменувань. Основна частина викладена на 175 сторінках тексту, містить 10 таблиць і 97 рисунків. Загальний обсяг роботи становить 285 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об’єкт, предмет, методи досліджень та завдання, які розв’язуються в роботі, окреслено наукову новизну й практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі “Сучасний стан механізації збирання картоплі та тенденції в конструюванні робочих органів машини” проведено аналіз

конструктивного виконання та основних характеристик різних сепаруючих пристроїв. Встановлено, що переважна більшість сепараторів використовує нераціональні способи впливу, що не дозволяє регулювати інтенсивність його на картопляний ворох. На основі відомих теоретичних та експериментальних досліджень проаналізовано механіко-технологічні властивості картопляного вороху і закономірності процесу сепарації.

Дослідженням взаємодії робочих органів сільськогосподарських машин з ґрунтом займалися П.М. Василенко, В.П. Горячкін, О.М. Зеленін, В.О. Желіговський, В.О. Дубровін, І.О. Ніщенко, А.М. Панченко, В.С. Бончик та ін. Вагомий вклад в розробку нових сепаруючих робочих органів та дослідження процесу їх роботи внесли відомі вчені: Г.Д. Петров, І.Р. Розмислович, З.В. Ловкіс, М.Е. Мацепуро, В.М. Булгаков, Р.Б. Гевко, Л.П. Безрукий, І.М. Бендера, А.П. Дорохов, Г.П. Солодих, Н.І. Верещагін, М.І. Самокиш, С.В. Смолінський, Ю.П. Фірман та ін. Аналіз показав, що процес сепарації картопляного вороху, а також його взаємодія з сепаруючими робочими органами теоретично і експериментально досліджені недостатньо. Зокрема, в моделях сепарації не враховується активна дія сепаруючої поверхні на ворох, пошкоджуваність бульб, енергозатрати на сепарацію та ін.

Аналіз чинних сепаруючих пристроїв та способів їх впливу на пласт засвідчив, що в процесі роботи використовуються нераціональні види деформації – удар та стискання, що призводить до значних пошкоджень бульб. У зв'язку з цим постало питання створення досконалішої конструкції сепаратора картоплебиральної машини і дослідження процесу його роботи яка би діяла на ворох менш енергозатратно деформаціями розриву, зсуву і забезпечила зменшення пошкодження бульб та підвищення ступеню сепарації картопляного вороху.

У другому розділі **“Теоретичні дослідження процесу роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху”** проведено обґрунтування конструкції картоплебиральної машини з барабанним сепаратором (рис. 1).

Переваги запропонованої конструкції в тому, що сепарація бульб від ґрунту відбувається за рахунок: зменшення подачі пласта ґрунту при його русі під кутом по циліндроїдальному лемешу; кришення пласта під час його руху по гвинтовій правосторонній полиці і поверненні його на певний кут; кришення пласта під час його потрапляння в прутково-конусний барабан; розтягування матеріалу пласта всередині робочої поверхні барабана.

У результаті аналізу процесу сепарації та конструкції картоплебиральної машини з барабанним сепаратором ідентифіковано їх головні конструктивно-технологічні параметри, з'ясовано взаємозв'язки між ними (табл. 1).

Очевидно, що і процес руху часток і перемішування вороху, руйнування грудок ґрунту і просіювання дрібних частинок залежать від розподілу фракцій ґрунту по товщині вороху. Виходячи з цього, можна побудувати розгорнуту модель процесу руху часток вороху по лемішно-полицевій поверхні і сепарації картопляного вороху (рис. 2).

Для обґрунтування такої математичної моделі слід розглянути спочатку всі складові незалежно одна від одної, а потім перейти від часткового до загального, тобто об'єднати окремі впливи в кінцеву модель процесу руху часток вороху по лемішно-полицевій поверхні і сепарації картопляного вороху.

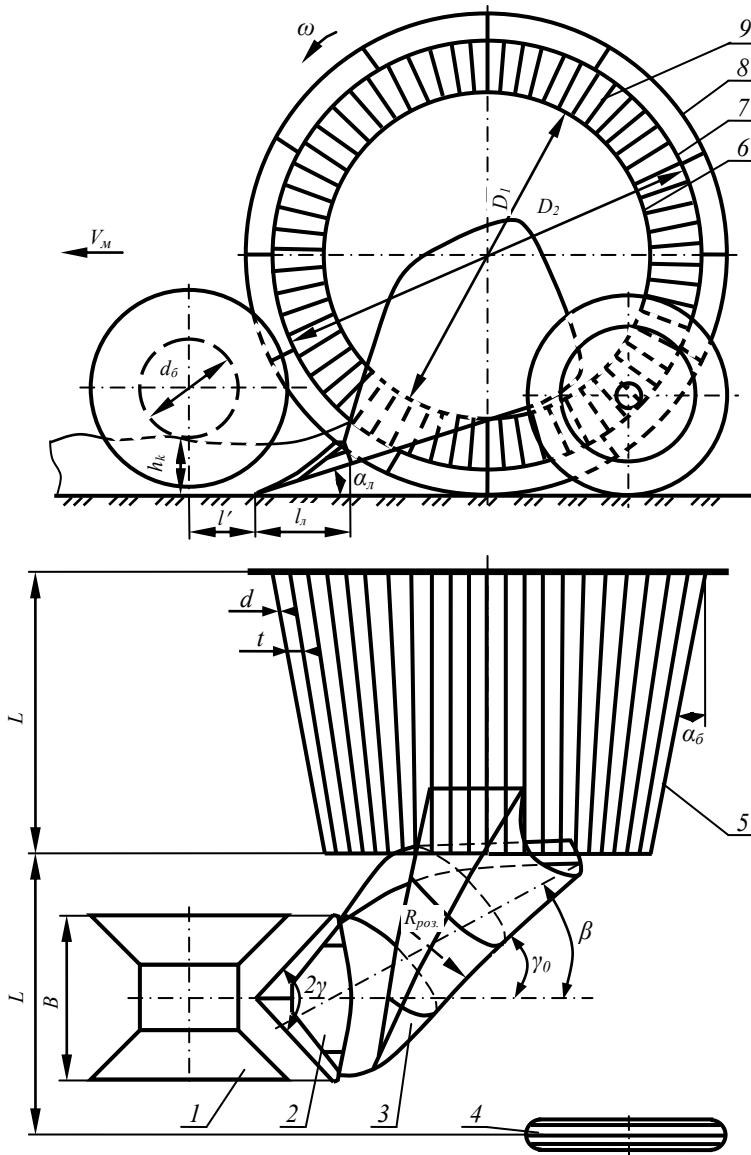


Рис. 1. Технологічна схема картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором:

1 – копіювальний грудкоподрібнюючий каток; 2 – циліндроїдальний леміш; 3 – полиця; 4 – регульовальне опорне колесо; 5 – барабанний сепаратор; 6 – діаметр меншої основи; 7 – діаметр більшої основи; 8 – обід зчеплення; 9 – прутки.

$$N_{n1} = k_n B \frac{\sin^2 \varphi}{\cos \gamma_1} \int_{\varepsilon_1}^{\frac{\pi}{2}} \left(\cos \varepsilon + f \cos \gamma_1 \frac{\sin^2 \varepsilon}{\sqrt{1 - \cos^2 \gamma_1 \cos^2 \varepsilon}} \right) \rho(\varepsilon) d\varepsilon; \quad (1)$$

$$N_{n1} = k_n B \frac{\cos^2 \varphi}{\sin \gamma_1} \int_{\varepsilon_1}^{\frac{\pi}{2}} \left(\sin \varepsilon + f \sin \gamma_1 \frac{\cos^2 \varepsilon}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma_1 \sin^2 \varepsilon}} \right) \rho(\varepsilon) d\varepsilon;$$

$$F_{n1} = k_n B \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \gamma_1} \int_{\varepsilon_1}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\rho(\varepsilon)}{\sqrt{1 - \cos^2 \gamma_1 \cos^2 \varepsilon}} d\varepsilon, \quad F_{n1} = k_n B \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} \gamma_1} \int_{\varepsilon_1}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\rho(\varepsilon)}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma_1 \sin^2 \varepsilon}} d\varepsilon. \quad (2)$$

Дослідження руху леза у картопляному ворохові (рис. 3) будемо засновувати на наступних допущеннях:

а) відносні швидкості частки до і після зіткнення з лезом лежать в одній площині з нормаллю до поверхні, удар частки об поверхню вважаємо абсолютно непружним (коефіцієнт відновлення дорівнює нулю);

б) сила опору переміщенню частки в просторі між навколишніми нерухомими частками протилежна по напрямку вектору її абсолютної швидкості;

в) реакція поверхні, прикладена до частки, збігається по напрямку з абсолютною швидкістю частки;

г) сила опору переміщенню групи часток, що заповнюють майданчик dF , пропорційна величині площадки.

Інтегруючи отримані вирази в межах від ε_1 до $\pi/2$ і подвоюючи (для двох симетричних половин леза), знайдемо чисельні значення складових \bar{N} і \bar{F} повного зусилля \bar{S} різання (рис. 3):

Головні конструктивно-технологічні параметри картоплезбиральної машини

Назва параметра	Познач.	Од. вимір.
Параметри підкопуючої частини: – глибина копання бульб – ширина лемеша – кути нахилу лемеша – кут сходу рослинних залишок – довжина: лемеша, леза – кут нахилу робочої поверхні клина до горизонту	h_k B α_l γ l_l, l ε_0	м м град. град. м град.
Параметри подаючої частини картопляного вороху: – кут піднімання, кришіння і розпушування картопляного вороху – кут нахилу картопляного пласта – кут зміщення картопляного вороху – розрахункове значення радіуса лемішно-полицевої поверхні корпусу – ширина вгнутості і довжина полицевої поверхні – кут постановки полицевої поверхні до напрямку руху	α_2 β γ_0 $R_{\text{доз.}}$ B, L β	град. град. град. м м град.
Параметри барабанного сепаратора: – діаметр: малої основи і великої основи – кут: конусності і нахилу осі до горизонту – довжина – колова швидкість – діаметр прутка – просвіти між прутками – загальна площа сепаратора	D_1, D_2 α_0, γ L V_k d t S	м град. м м/с м м м ²
Режими роботи копача в цілому: – технологічна пропускна здатність – тяговий опір копача – затрати потужності на агрегатування	Q R_a N_a	кг/с кН кВт

З формул (1, 2) видно, що зусилля F_1 і N_1 залежать від параметрів леза: кута ε_1 і γ_1 ; ширини захвату B ; форми і розмірів кривої ортогонального перетину леза (виду рівняння $\rho = \rho(\varepsilon)$); від коефіцієнта тертя ґрунту об сталь f ; властивостей ґрунту k .

Складові повного зусилля S різання по осі координат для симетричного леза рівні:

$$\left. \begin{aligned} S_x &= 2[(F_{n1} + F_{n2})\sin \gamma_1 + (N_{n1} + N_{n2})\cos \gamma_1]; \\ S_y &= 2[(F_{n1} + F_{n2})\cos \gamma_1 - (N_{n1} + N_{n2})\sin \gamma_1]; \\ S_z &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Теорія різання вороху лезом дозволяє підійти до дослідження (у першому наближенні) ряду сторін роботи леза. Так, після введення деяких допущень вона може бути застосована для дослідження явищ зносу леза (вивченню зміни форми леза при зносі, зміни опору при зносі леза, відшукування теоретичної граничної форми зношеного леза і т.п.).

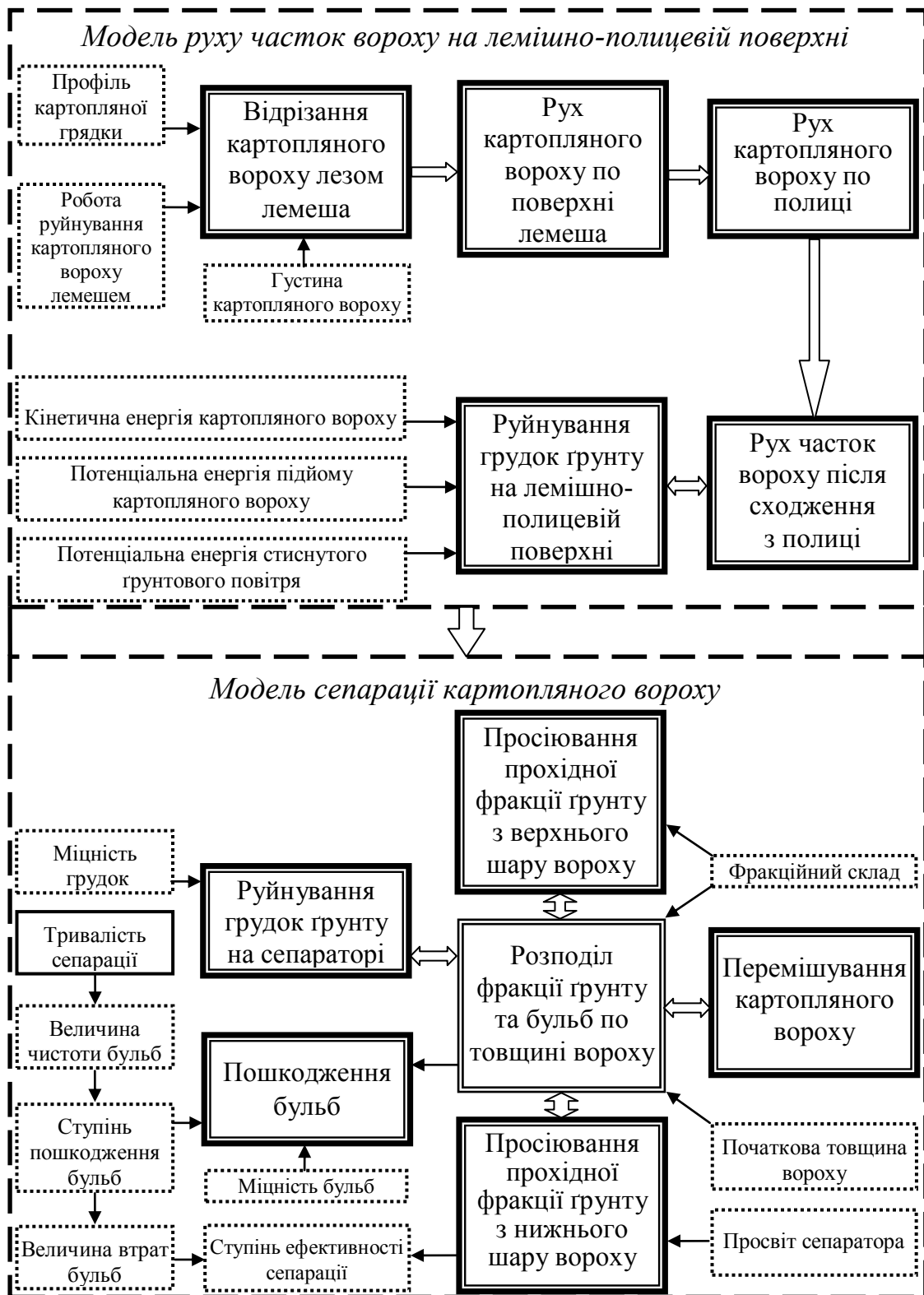


Рис. 2. Розгорнута модель руху часток вороху по лемішно-полицевій поверхні і сепарації картопляного вороху

При проникненні лемеша в ґрунт маса вороху під тиском P_B попереду лежачих невідкопаних слоїв переміщується по похилій площині ввєрх, ущільнюється, руйнуючись на дрібні фракції, що приводить до зниження натиску і згруження вороху на лемеші. Для визначення взаємозв'язку цих параметрів розглянемо умову рівноваги сил, діючих на леміш (рис. 4).

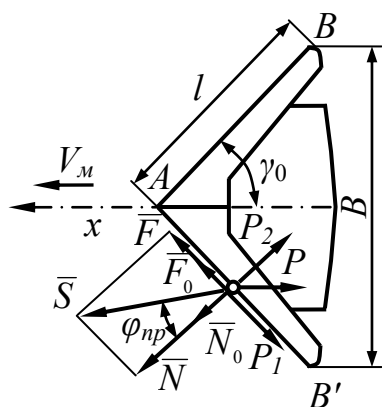


Рис. 3. Схема пасивного циліндричного лемеша

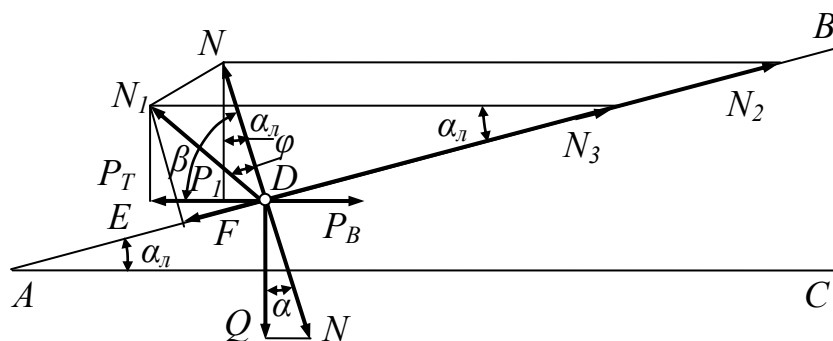


Рис. 4. Сили, що виникають в процесі підризання, переміщення і передачі підкопаного вороху на полицеву поверхню

Сила P_T , переміщуючи леміш з швидкістю V_m^{\max} , фактично є тяговою і по величині рівна силі P_B опору вороху:

$$P_T = P_o + I = h_k B (K + \xi V_m^2), \quad (4)$$

де P_o – сила опору пласта вороху зминанню, кН; I – сила інерції, кН; h_k – глибина копання лемеша, $h_k = 0,140 \dots 0,250$ м; B – ширина підкопу, $B = 0,300 \dots 0,410$ м; K – коефіцієнт опору вороху пласта деформації, $K = 10$ кПа; ξ – коефіцієнт залежний від форми лемеша і фізико-механічних властивостей вороху, $\xi = 64,22$ кг·с²/м⁴.

Знаходимо силу P_B опору вороху з урахуванням його переміщення вгору по похилій площині. Для цього кут α_l установки лемеша зі сторони його поверхні AB штучно збільшимо на кут тертя φ . Для лемеша із сумарним кутом установки $\alpha_l + \varphi$ знайдемо:

$$P_B = (N / \cos \varphi) \sin(\alpha_l + \varphi) = (\pi h_k B l \gamma_2 \cos \alpha_l / 4 \cos \varphi) \sin(\alpha_l + \varphi), \quad (5)$$

де $\pi h_k B l \gamma_2 / 4 = Q$ – вага вороху, Н.

Метою моделювання руху картопляного вороху по полицевій поверхні ставилась умова дослідити обертання пласта на певний кут під дією прикладених до нього сил.

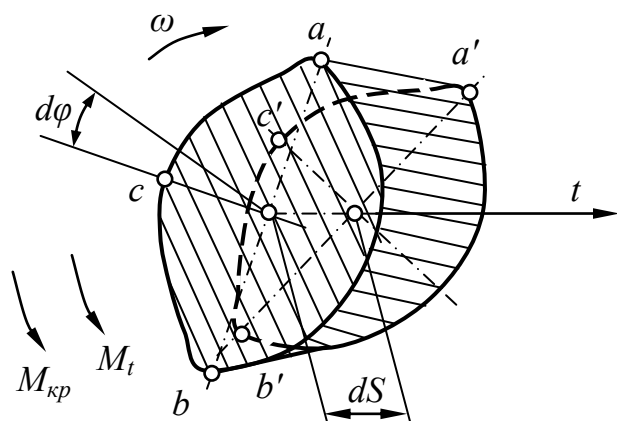


Рис. 5. Схема кручення пласта картопляної грядки як обертальний рух навколо осі \bar{t}

Відомо, що при крученні стержня не круглого перетину між моментом, що крутить, діє в перетині, жорсткістю і відносним кутом закручування, існує залежність (рис. 5), перетворюючи яку, отримаємо:

$$M_{кр} = GI_{кр} \frac{d\varphi}{dS} = GI_{кр} \frac{\omega}{V_m}, \quad (6)$$

де $\psi = \frac{d\varphi}{dS} = \frac{\omega}{V_m}$ – відносний кут

закручування пласта картопляної грядки довжиною dS ; $d\varphi$ – поворот перетину $a'c'b'$ щодо перетину acb навколо осі \bar{t} ;

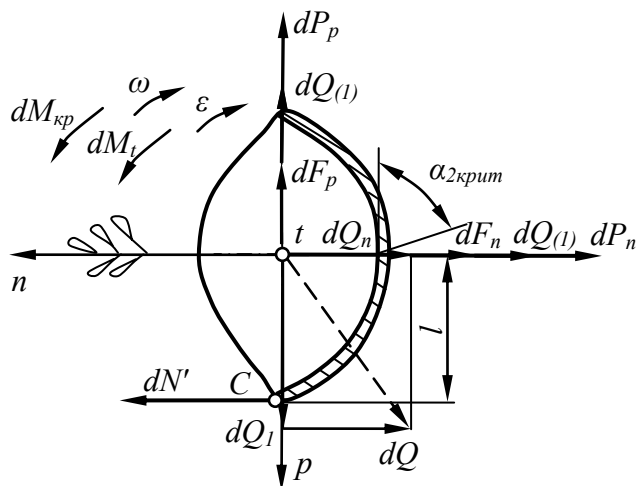


Рис. 6. Схема відриву елемента dS від лемішно-полицевої поверхні відносно точки C

$$\sum M_c = (dQ_n + dF_n + dQ_{(l)n} + dP_n)l - (dM_{кр} + dM_t) = 0. \quad (7)$$

Підставивши в рівняння (7) значення вхідних в нього величин, отримаємо:

$$S_n^{\min} \gamma_z dSl \cos \alpha_2 + \left(\frac{S_n^{\min} \gamma_z}{2g} V_m^2 k_n dS + EI_p \frac{d^2 k_n}{dS^2} dS + P k_n dS \right) l - \left[GI_{кр} \frac{d^2 \varphi}{dS^2} dS + I_t \left(\omega_t \frac{d\varphi}{dS} + V_m^2 \frac{d^2 \varphi}{dS^2} \right) \right] = 0. \quad (8)$$

З рівняння (8) визначимо критичне, значення кута α_2 , при якому починається відрив елемента пласта dS від лемішно-полицевої поверхні

$$\alpha_{2_{кр}} = \arccos \left[\frac{GI_{кр} \frac{d^2 \varphi}{dS^2} dS + I_t \left(\omega_t \frac{d\varphi}{dS} + V_m^2 \frac{d^2 \varphi}{dS^2} \right)}{S_n^{\min} \gamma_z l dS} - \left(\frac{V_m^2 k_n}{2g} + \frac{EI_p \frac{d^2 k_n}{dS^2} + P k_n}{S_n^{\min} \gamma_z} \right) \right]. \quad (9)$$

З рівняння (9) видно, що величина $\alpha_{2_{кр}}$ зменшується зі збільшенням жорсткості $GI_{кр}$ пласта на кручення і залежить від швидкості руху пласта V_m , відносно кута закручування пласта $d\varphi/dS$, жорсткості пласта EI_p на вигин в площині осей \bar{n} і \bar{t} , нормальної кривизни траєкторії k_n , коефіцієнта тертя f пласта об полицю і розмірів пласта.

Процес сепарації картопляного вороху складається з елементарних операцій просіювання прохідної фракції ґрунту з верхнього шару вороху, перемішування вороху, руйнування грудок ґрунту, просіювання прохідної фракції ґрунту з нижнього шару вороху та пошкодження бульб, які здійснюються завдяки взаємодії прутків барабанного сепаратора з картопляним ворохом. Використовуючи основні положення математичної фізики, обґрунтовано модель цього процесу:

– перемішування вороху:

$$q(z, t_{i+1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi b \Delta t}} \int_0^h q(z, t_i) \left(e^{-\frac{(x-z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z-2h)^2}{2b\Delta t}} \right) dx, \quad (10)$$

де h – товщина шару вороху, м.

$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ – кутова швидкість закручування пласта; $V_m = \frac{dS}{dt}$ – відносна швидкість руху пласта (машини).

У момент відриву елемента dS від лемішно-полицевої поверхні момент рівнодіючих сил нормального тиску dN' відносно точки C рівний нулю. Тоді умова рівноваги елемента (рис. 6) під дією прикладених до нього сил і моментів щодо точки C матиме вигляд:

$$t_{i+1} = t_i + \Delta t, \quad 0 \leq t_i \leq T;$$

– ступеня руйнування грудок:

$$\varepsilon = k_1 e^{-k_2 \cdot z} \Delta t, \quad (11)$$

де k_1 і k_2 – емпіричні коефіцієнти, які залежать від механічних властивостей грудок ґрунту; z – віддаль від робочого органу до грудки; Δt – ймовірність часу переміщення частки в координату z .

Тоді рівняння перемішування вороху набудуть вигляду:

$$q(z, t_{i+1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi b \Delta t}} \int_0^h q(z, t_i) \left(e^{-\frac{(x-z)^2}{2b\Delta t}} + (1-k_v) e^{-\frac{(x+z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z-2h)^2}{2b\Delta t}} \right) dx + \\ + r(z, t_i) \cdot (1-k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot z} \Delta t); \quad (12)$$

$$r(z, t_{i+1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi b \Delta t}} \int_0^h r(z, t_i) \left(e^{-\frac{(x-z)^2}{2b\Delta t}} + (1-\tau) e^{-\frac{(x+z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z-2h)^2}{2b\Delta t}} \right) dx - \\ - r(z, t_i) \cdot (1-k_1 \cdot e^{-k_2 \cdot z} \Delta t); \quad (13)$$

$$k(z, t_{i+1}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi b \Delta t}} \int_0^h k(z, t_i) \left(e^{-\frac{(x-z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z)^2}{2b\Delta t}} + e^{-\frac{(x+z-2h)^2}{2b\Delta t}} \right) dx, \quad (14)$$

де $q(z, t_i)$, $r(z, t_i)$, $k(z, t_i)$ – відносна кількість відповідно грудок ґрунту прохідної фракції, непрохідної фракції та бульб картоплі на віддалі z від сепаруючої поверхні в момент часу t ; b – коефіцієнт перемішування вороху, c^{-1} ; h – змінна товщина шару вороху, м; k_v – коефіцієнт просіювання ґрунту; τ – коефіцієнт кришення ґрунту, $\tau = q_0/Q_0$; k_1 – характеризує руйнування грудок k_2 – визначає здатність ґрунту до просіювання; T – час сепарації, с;

– процес просіювання ґрунту:

$$v = 1 - e^{-k_2 T} + (1-\tau) \frac{k_2}{k_2 - k_1} (e^{-k_2 T} - e^{-k_1 T}); \quad (15)$$

$$q(T) = Q_0 e^{-k_2 T} - \frac{k_2}{k_2 - k_1} r_0 \left[e^{-k_2 T} - \frac{k_1}{k_2} e^{-k_1 T} \right]; \quad r(T) = r_0 e^{-k_1 T},$$

де v – процес просіювання ґрунту з урахуванням саморуйнування грудок при їх переміщенні по сепаратору; $q(T)$ – кількість просіяного ґрунту після деякого кінцевого часу T , кг; Q_0 – загальна кількість вороху, що поступає на сепаратор, кг; $r(T)$ – кількість крупних грудок, що залишилися не зруйнованими і зійшли із сепаратора після деякого кінцевого часу T , кг.

Оскільки розроблену модель процесу сепарації картопляного вороху аналітично розв'язати та проаналізувати неможливо, її було реалізовано за допомогою числових методів в математичному пакеті MATLAB 6. Графічна інтерпретація моделі процесу сепарації картопляного вороху наведена на рис. 7.

Характер пошкоджуючих дій сепаратора на бульби подібний до руйнуючого впливу на грудки, інтенсивність пошкоджень бульб картоплі буде збільшуватись із наближенням до сепаруючої поверхні і буде функцією від коефіцієнта інтенсифікації сепарації, тривалості сепарації та відстані від бульби до сепаруючої поверхні:

$$\Pi_{\bar{o}}(z, t_i) = k_3 e^{-k_4 \cdot z} t_i, \quad (16)$$

де $\Pi_{\bar{o}}$ – ступінь пошкоджень бульб; k_3 – коефіцієнт, що характеризує здатність бульб до пошкодження; k_4 – коефіцієнт, що характеризує ступінь зниження інтенсивності пошкоджень бульб сепаратором із віддаленням від робочої поверхні; z – віддаль від робочого органу до бульби, м; t_i – час сепарації, с.

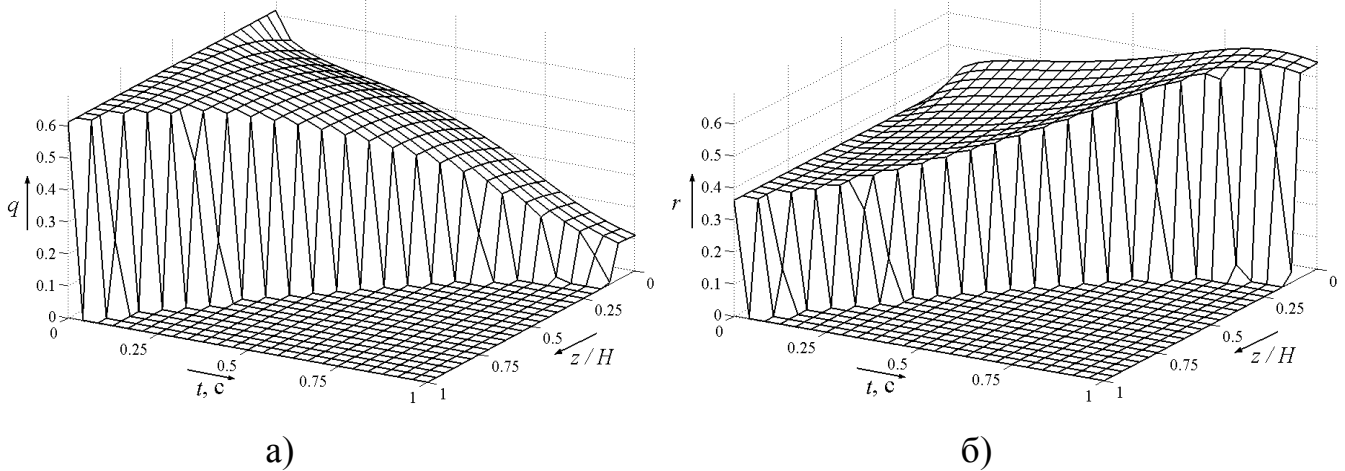


Рис. 7. Кінетика процесу сепарації картопляного вороху при зміні відносної кількості дрібних частинок ґрунту q (а) та крупних r (б) на відносній висоті z/H від сепаруючої поверхні

Ступінь пошкоджень бульб за весь час сепарації буде рівним:

$$\Pi_{\bar{o}} = Q \int_0^T \int_0^h (k(z, t_i) \cdot (1 - k_3 \cdot e^{-k_4 \cdot z} \Delta t)) dz dt. \quad (17)$$

Технологічну пропускну здатність картоплекопача визначали за продуктивністю барабанного сепаратора в кг/с:

$$Q = \tau \gamma_n V_L S \quad (18)$$

де τ – коефіцієнт кришення ґрунтової маси, якщо $\tau = 1$, то $W_0 = W'$ і кришення ґрунту буде раціональним; γ_n – густина підкопуваного пласта, $\gamma_n = 1260$ кг/м³; V_L – швидкість осьового переміщення частки; S – площа поперечного перерізу ґрунту в барабані, м².

$$Q = \tau \gamma_n \omega R_i t g \delta \cdot 1,9 \sqrt{R_i h^3}.$$

Потужність N_a , необхідна на агрегування картоплекопача:

$$N_a = R_a V_p / 3,6, \quad (19)$$

де R_a – тяговий опір картоплекопача, кН; V_p – максимально допустима робоча швидкість картоплекопача за пропускну спроможністю барабанного сепаратора, км/год.

$$R_a = S_x + Q_{nx} + P_T + R_x + P_c,$$

де S_x – різання ґрунту лезом лемеша, кН; Q_{nx} – деформація ґрунту лемешем і груддю полиці, кН; P_T – подолання опорів від сил ваги вороху і сил тертя, розподілених по поверхні зіткнення вороху з полицею, кН; R_x – передача швидкості часткам вороху; P_c – робочий опір, створюваний при виконанні процесу сепарації барабанним сепаратором, кН.

У третьому розділі “Програма і методика експериментальних досліджень” наведено програму експериментальних досліджень, подано опис експериментальної

установки та розробленого електронного вимірювального комплексу, методику визначення вимірюваних величин, проведено планування експерименту.

Програмою досліджень передбачалось: вивчення закономірності і характеру процесу руйнування грудок картопляного вороху робочими поверхнями барабанного сепаратора від взаємного розташування барабана відносно лемішно-полицевого корпусу; обґрунтування технологічних та кінематичних параметрів робочих органів машини, а саме швидкості обертання барабана, величини конусності барабана, подачі вороха на сепаруючий барабан, радіуса більшої основи барабана і кута нахилу барабана відносно своєї осі; дослідження впливу змінних факторів швидкості на характер просіяного ґрунту та інтенсивність просіювання ґрунту сепаратором і встановлення функціональної залежності цього впливу у формі математичної моделі (рівняння регресії); вивчення процесу просіювання ґрунту барабанним сепаратором залежно від поздовжніх і поперечних координат його; проведення дослідження роботи сепаратора картопляного вороху на картоплезбиральній машині при раціональних режимах роботи в польових (виробничих) умовах з визначенням при цьому агротехнічних показників роботи машини; визначення тягового опору експериментальної установки і загальної потужності, затраченої на виконання технологічного процесу; встановлення працездатності картоплезбиральної машини з барабанним сепаратором на ґрунтах, засмічених камінням та рослинними рештками; проведення агротехнічної оцінки роботи експериментальної установки у порівнянні з серійним картоплекопачем КТ-0,6.

Для попереднього експериментального вивчення і визначення технологічних параметрів барабанного сепаратора у стаціонарних умовах була виготовлена лабораторна установка (рис. 8).

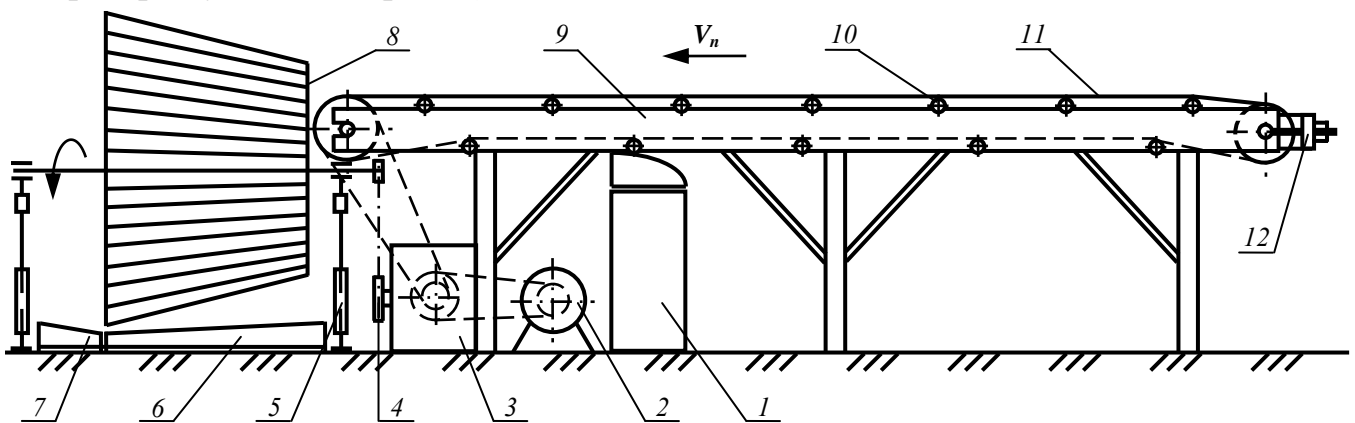


Рис. 8. Схема лабораторної установки

1 – рідинний реостат; 2 – електродвигун з фазним ротором; 3 – коробка передач; 4 – варіатор частоти обертання барабана; 5 – пристрій для регулювання кута нахилу барабана; 6 – лоток для збору ґрунту; 7 – лоток для збору бульб; 8 – конусний барабанний сепаратор; 9 – рама; 10 – підтримуючі ролики із зірочкою; 11 – ланцюгово-стрічковий транспортер; 12 – натяжний пристрій.

Установка служить для вивчення впливу кута конусності барабанного сепаратора, колової швидкості барабанного сепаратора та подачі досліджуваного матеріалу на ефективність просіювання домішок прутковим сепаратором і кута нахилу осі барабана до горизонту.

Для визначення якісних показників роботи сепаратора і машини в цілому використовувалась експериментальна установка з полотном (рис. 9), на який збирався досліджуваний матеріал для дальшого аналізу.



Рис. 9. Проведення експериментальних досліджень роботи польової установки

У четвертому розділі “**Результати досліджень**” наведено результати експерименту з визначення емпіричних коефіцієнтів математичної моделі, попереднього та основного повного факторного експерименту (ПФЕ) 2^3 , в результаті чого встановлені раціональні режими роботи картоплекопача; для визначення основних агротехнічних показників якості роботи установки при спільній роботі лемішно-полицевої поверхні та барабанного сепаратора приймали величину чистоти бульб, ступінь ефективності сепарації, величину втрат бульб і ступінь пошкодження бульб; побудовано номограму для вибору раціональних режимів роботи картоплекопача; зробили перевірку на адекватність математичної моделі сепарації картопляного вороху.

На першому етапі проводились експерименти в лабораторних умовах з вивчення впливу основних конструктивних і кінематичних параметрів барабанного сепаратора на відсоток просіяного ґрунту та інтенсивність сепарації. Серед параметрів барабанного сепаратора, які можуть найбільш впливати на процес сепарації, в межах експериментальних досліджень найбільший інтерес викликає дослідження: Q – подача вороху на сепаратор, кг/с; V_k – колова швидкість обертання барабана, м/с; α_b – кут конусності барабана, град.

Після отримання експериментальних даних проводилась їх обробка за допомогою прикладної програми Microsoft Excel для ПЕОМ. Результати обробки експериментальних даних представлені у вигляді рівняння регресії, що є математичною моделлю даного процесу, яка пов’язує параметри робочого органу з показниками його роботи.

Для показника відсотку просіяного ґрунту рівняння регресії в натуральній формі має вигляд:

$$v = -0,4279 - 0,7703 \cdot Q + 97,8337 \cdot V_k + 2,6069 \cdot \alpha_b + 0,5108 \cdot Q \cdot V_k - 0,0029 \cdot Q^2 - 29,505 \cdot V_k^2 - 0,1227 \cdot \alpha_b^2; \quad (20)$$

для інтенсивності сепарації:

$$q = -56,7242 + 0,4997 \cdot Q + 110,7075 \cdot V_k - 1,0275 \cdot \alpha_b - 0,0053 \cdot Q^2 - 21,35 \cdot V_k^2; \quad (21)$$

для потужності на привід сепаратора:

$$N_{np} = 11,0677 - 0,0234 \cdot Q - 6,9636 \cdot V_k - 0,2210 \cdot \alpha_b + 0,0608 \cdot V_k \cdot \alpha_b + 0,0002 \cdot Q^2 + 1,8706 \cdot V_k^2; \quad (22)$$

Одержані рівняння досліджувалось за допомогою програмного пакета MATLAB 6. Поверхня відгуку наведена на рис. 10, а залежності – рис. 11, 12.

У межах польових експериментальних досліджень найбільший інтерес викликає дослідження поступальної швидкості машини V_m , кут нахилу лемеша α_l , кут постановки полицевої поверхні до напрямку руху β . При цьому визначали чистоту вихідного вороху, ефективність роботи сепаратора, пошкодження і втрати бульб. Всі ці показники виражалися в %.

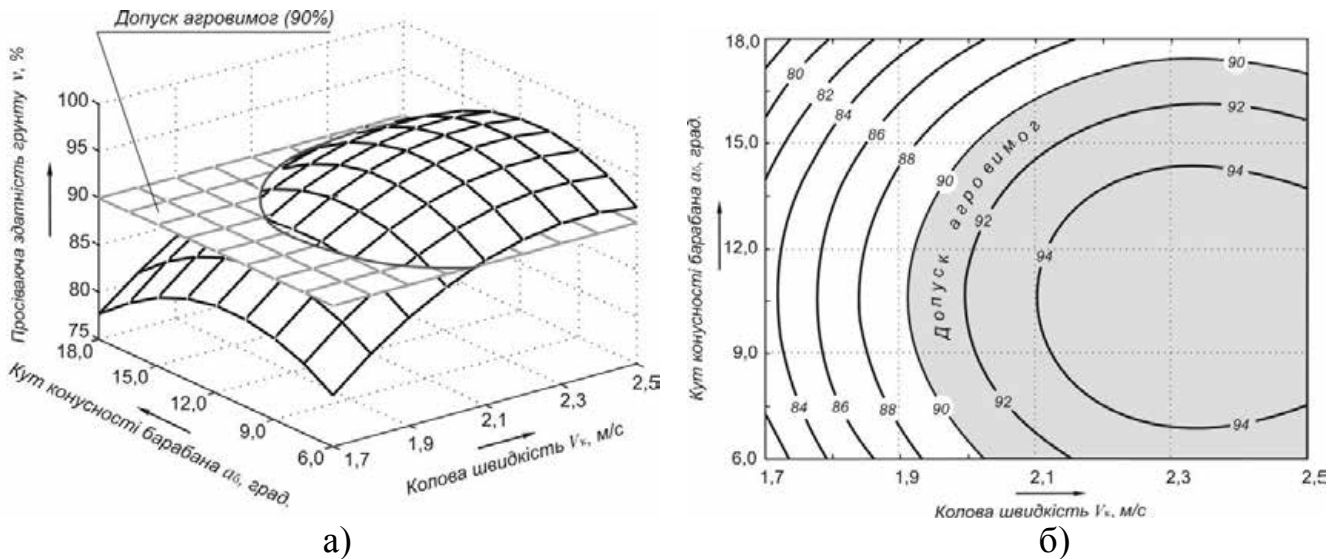


Рис. 10. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для просівальної здатності ґрунту v від колової швидкості V_k та кута конусності барабана α_b (при $Q = 80$ кг/с, ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

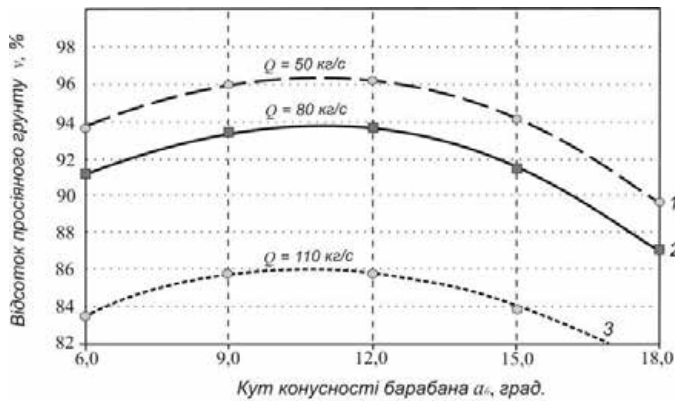


Рис. 11. Залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при значеннях подачі вороху: 1) 50 кг/с; 2) 80 кг/с; 3) 110 кг/с.

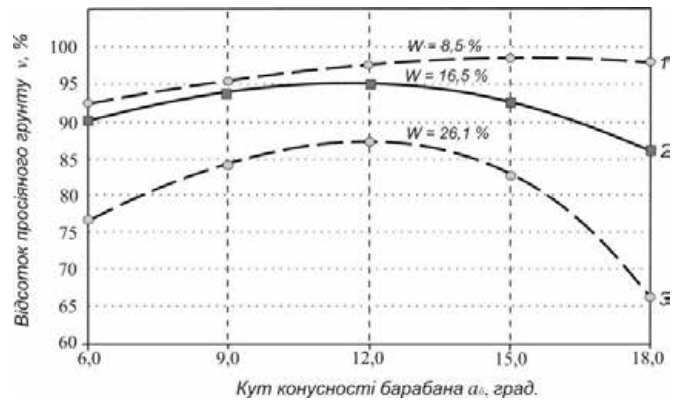


Рис. 12. Залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при значеннях вологості ґрунту: 1) 8,5%; 2) 16,5%; 3) 26,1%.

Після отримання експериментальних даних проводилась їх обробка за допомогою прикладної програми Microsoft Excel для ПЕОМ. Рівняння регресії в розкодованій формі мають наступний вигляд:

для чистоти бульб:

$$C' = -72,6044 + 2,614795 \cdot \beta + 80,2356 \cdot V_M + 2,0970 \cdot \alpha_l - 0,3739 \cdot \beta \cdot V_M - 0,0855 \cdot \beta \cdot \alpha_l + 0,9323 \cdot V_M \cdot \alpha_l - 19,5156 \cdot V_M^2 - 0,0498 \cdot \alpha_l^2; \quad (23)$$

для ефективності сепарації:

$$E = -46,6239 - 1,7266 \cdot \beta + 91,6089 \cdot V_M + 5,5439 \cdot \alpha_l + 1,3833 \cdot \beta \cdot V_M - 0,0285 \cdot \beta^2 - 28,0231 \cdot V_M^2 - 0,1229 \cdot \alpha_l^2; \quad (24)$$

для пошкодження бульб:

$$P_b = 18,2441 - 0,2181 \cdot \beta - 10,5132 \cdot V_M - 0,4179 \cdot \alpha_l - 0,1164 \cdot \beta \cdot V_M - 0,5835 \cdot V_M \cdot \alpha_l + 0,0083 \cdot \beta^2 + 8,2238 \cdot V_M^2 + 0,0272 \cdot \alpha_l^2; \quad (25)$$

для втрати бульб:

$$B_b = 3,9366 - 4,6970 \cdot V_M - 0,1999 \cdot \alpha_l - 0,0386 \cdot \beta \cdot V_M + 0,2718 \cdot \beta - 0,0643 \cdot V_M \cdot \alpha_l - 0,0032 \cdot \beta^2 + 1,8200 \cdot V_M^2 + 0,0075 \cdot \alpha_l^2; \quad (26)$$

для загальної потужності на агрегування:

$$N_a = 13,8143 - 0,4772 \beta - 15,1027 \cdot V_M + 0,9582 \cdot \alpha + 0,0092 \beta^2 + 4,27 \cdot V^2 - 0,0180 \cdot \alpha^2. \quad (27)$$

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакета MATLAB 6. Поверхні відгуку та графіки ліній однакових значень наведені на рис. 13, 14.

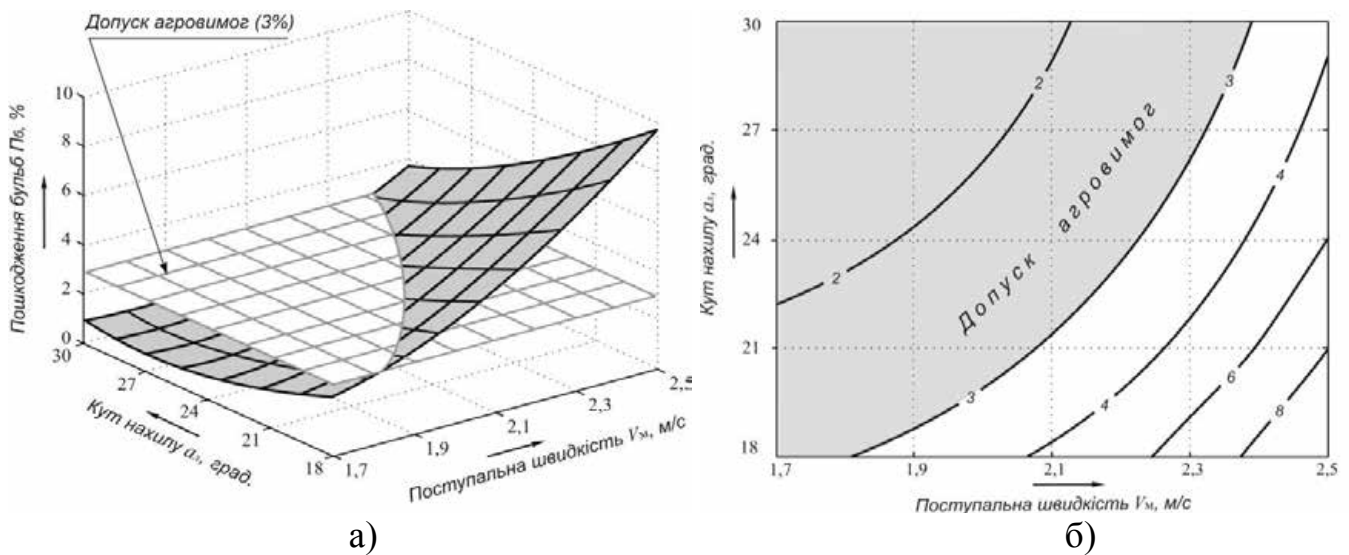


Рис. 13. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для пошкодження бульб P_6 від поступальної швидкості V_M та кута нахилу лемеша α_l (при $\beta = 30$ град., ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

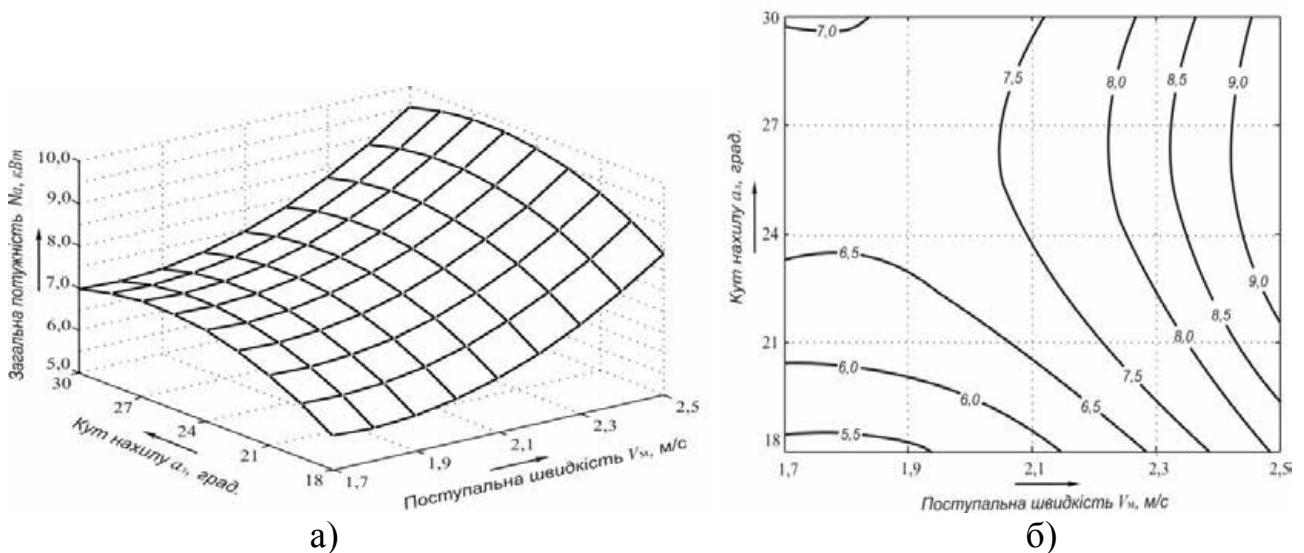


Рис. 14. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для загальної потужності на агрегування N_a від поступальної швидкості V_M та кута нахилу лемеша α_l (при $\beta = 30$ град., ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

Співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень показало, що розроблена математична модель процесу сепарації картопляного вороху є адекватною.

У п'ятому розділі “Економічне та енергетичне обґрунтування конструкції картоплекопача” виконано оцінювання економічної і енергетичної ефективності запропонованої конструкції.

У результаті оцінювання економічної ефективності використання лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором встановлено, що за умови нормативного річного завантаження економічний ефект від його використання складає 487,46 грн./га або 15745 грн. на рік порівняно з однорядним картоплекопачем КТ-0,6 на одну машину.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі, що полягає у зменшенні механічних пошкоджень бульб при забезпеченні якісних показників процесу сепарації картопляного вороху шляхом розробки конструкції і оптимізації параметрів та режимів роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором.

Аналіз конструкцій картоплезбиральних машин та їх робочих органів, а також принципів впливу різних сепараторів на картопляний ворох показав, що вони використовують неефективні види деформацій, а саме: удар і стискання. Натомість дослідження дозволяють стверджувати, що значно ефективнішими є деформації розтягу і зсуву, які в чинних конструкціях сепараторів не реалізуються, або реалізуються лише частково.

2. На основі комплексних досліджень запропонована технологічна схема картоплекопача, робочі органи якого (лемішно-полицевий підкопувач і барабанний сепаратор) взаємодіють з картопляним ворохом через деформації розтягу і зсуву, що дає змогу ефективно відсепарувати ґрунт в різних умовах збирання бульб.

3. Розроблено математичну модель руху часток вороху на лемішно-полицевій поверхні і сепарації картопляного вороху, яка враховує зміну відносної кількості ґрунту, прохідної фракції, крупних грудок ґрунту, а також картопляних бульб по товщині шару вороху, шляхом елементарних операцій перемішування вороху, руйнування грудок, просіювання ґрунту з урахуванням саморуйнування грудок при їх переміщенні по сепараторі, а також пошкодження бульб і уможливорює його аналітичне дослідження, що дозволило одержати залежності коефіцієнта просіювання картопляного вороху та ступеня пошкодження бульб від таких показників режиму роботи сепаратора як початкова товщина шару вороху, інтенсивність впливу на ворох та час сепарації.

4. Визначено раціональні параметри процесу сепарації на лемішно-полицевій поверхні, а саме: час руху $T_p \approx 0,36$ с; початкова раціональна товщина шару вороху $h_k \approx 0,140 \dots 0,250$ м; допустима довжина лемеша $l_{\text{опт.}} = 0,330 \dots 0,460$ м; оптимальна ширина лемеша $B_{\text{опт.}} = 0,300 \dots 0,410$ м; кут нахилу лемеша до горизонту $\alpha_{\text{опт.}} = 16 \dots 24^\circ$ (при $\varphi = 25 \dots 40^\circ$ і $V_m^{\text{max}} = 2,22$ м/с); мінімальна і максимальна площа поперечного перерізу підкопуваної грядки, $S_n^{\text{min}} = 0,033$ м², $S_n^{\text{max}} = 0,08$ м², кут сходу рослинних залишок $\gamma = 40 \dots 45$ град.; кут нахилу робочої поверхні клина до горизонту $\varepsilon_0 = 40 \dots 50$ град.; кут піднімання, кришення і розпушування картопляного вороху $\alpha_2 = 55 \dots 75$ град.; кут нахилу картопляного пласта $\beta_1 = 0 \dots 60$ град.; кут зміщення картопляного вороху $\gamma_0 = 40 \dots 50$ град.; мінімальне, максимальне і розрахункове значення радіуса лемішно-полицевої поверхні корпусу $R_{\text{min}} = 0,150$ м, $R_{\text{max}} = 0,232$ м і $R_{\text{роз.}} = 0,205$ м; ширина вгнутості полицевої поверхні $B = 0,554$ м; кут постановки полицевої поверхні до напрямку руху $\beta = 0 \dots 60$ град.

5. Встановлено раціональні параметри процесу сепарації в барабанному сепараторі, а саме: час сепарації $T_c \approx 0,86$ с, довжина робочої поверхні $L = 0,70$ м, діаметр більшої основи сепаратора $D = 1,08$ м, діаметр прутків $d_n = 0,010$ м, просвіти між прутками $t = 0,030 \dots 0,037$ м, колова швидкість барабана $V_k = 2,22$ м/с, подача вороху на сепаратор $Q = 92,2$ кг/с. Для цих значень параметрів коефіцієнт просіваючої здатності ґрунту $\nu = 93,4\%$, а ступінь пошкодження бульб $\Pi_\delta = 1,61\%$; визначено затрати потужності на агрегування картоплекопача від його конструктивних параметрів та раціональних режимів роботи – $6,5 \dots 7,5$ кВт.

6. Одержано рівняння регресії в натуральній формі для просіваючої здатності ґрунту ν , інтенсивності сепарації q , потужності на привод сепаратора N_{np} , величини чистоти бульб $Ч'$, ефективності сепарації E , ступеня пошкоджень бульб $П_б$, величини втрат бульб $B_б$ та загальної потужності N_a від технологічних параметрів конструкції барабанного сепаратора, а саме: Q – подачі вороху на сепаратор, кг/с; V_k – колової швидкості обертання барабана, м/с; $\alpha_б$ – кута конусності барабана, град. та технологічних параметрів лемішно-полицевої поверхні: кута постановки полицевої поверхні до напрямку руху β ; поступальної швидкості машини V_m ; кута нахилу лемішної поверхні до горизонту $\alpha_л$. Для вибору раціональних режимів роботи сепаратора побудовано номограму.

7. Теоретично визначено і експериментально підтверджені оптимальні технологічні параметри конструкції копача, які мають найбільший вплив на ступінь сепарації ґрунту: подача вороху на сепаратор $Q = 80$ кг/с, колова швидкість руху барабанного сепаратора $V_k = 2,1$ м/с, кут конусності барабанного сепаратора, $\alpha_б = 12$ град., поступальна швидкість машини $V_m = 2,1$ м/с, кут нахилу лемішної поверхні до горизонту $\alpha_л = 24$ град. та кут постановки полицевої поверхні до напрямку руху $\beta = 30$ град.

8. Експериментально визначені експлуатаційні та якісні показники конструкції картоплекопача: просіваюча здатність ґрунту – 93,74%, інтенсивність сепарації – 75,33 кг/с, потужність на привод сепаратора – 3,1 кВт, величина чистоти бульб – 71,81%, ефективність сепарації – 94,1%, ступінь пошкодження бульб – 2,22%, величина втрат бульб – 1,22%, тяговий опір – 3,6 кН та загальна потужність – 7,5 кВт. Співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень показало відхилення в межах 5%, що вказує на адекватність математичної моделі процесу сепарації картопляного вороху.

9. Встановлено, що при нормативному річному завантаженні лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором у зв'язку зі зменшенням експлуатаційних затрат на одиницю зібраної площі, збільшенням виходу товарної продукції та зниженням ступеня пошкодження бульб економічний ефект від його використання складає 487,46 грн./га або 15745 грн. на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Грушецький С.М. Аналіз роботи конусного сепаратора / С.М. Грушецький, О.А. Андреев // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів: Астра-Друк-Сервіс, 2003. – № 7. – С. 112-117.
2. Грушецький С.М. Кінематичний аналіз роботи конусного сепаратора / С.М. Грушецький, І.М. Бендера // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 14. – Мелітополь: ТДАТА, 2003. – С. 73-79.
3. Грушецький С.М. Динаміка бульбоносноґрунтової суміші в барабанному сепараторі / С.М. Грушецький, О.А. Андреев // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства [“Механізація сільськогосподарського виробництва”]. – Вип. 20. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 207-218.
4. Грушецький С.М. Тенденції розвитку сепаруючих пристроїв картоплезбиральних машин / С.М. Грушецький, І.М. Бендера // зб. наук. праць ПДАТА. – Кам'янець-Подільський: Абетка, 2004. – № 12. – С. 227-230.
5. Грушецький С.М. Методика використання вимірювальних комп'ютерних комплексів на заняттях з випробуванням сільськогосподарської техніки при підготовці інженерів-механіків / С.М. Грушецький, Ю.П. Фірман, В.В. Майсус, І.П. Фірман // Науковий потенціал світу, 2004 [“Сучасні методи викладання”]:

матеріали Першої міжнар. наук.-практ. конф., 1-15 лист. 2004 р.; під заг. ред. І.М. Бендери. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – Т.46. – С. 62-65.

6. Grushetskiy S.M. A design of sifting of soil in drum separator. / S.M. Grushetskiy, I.M. Bendera // Modern materials and technologies in machine building and exploitation: materials III International scientific conf., 6-8.09. 2007. Kamieniec Podolski – Ukraine: Announcer of the Khmelnytsky national university: Engineerings sciences, 2007. – № 5. – N. 128-132.

7. Пат. 56530А Україна, МКВ А01D17/04. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / Грушецький С.М., Самокиш М.І., Бендера І.М., Роздорожнюк П.І. – № 2002075794; заявл. 15.07. 02; опубл. 15.05. 03, Бюл. № 5. – 3 с.

8. Пат. 60496А Україна, МКВ А01D19/14 Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / Грушецький С.М., Самокиш М.І., Бендера І.М., Роздорожнюк П.І., Гринчук А.В. – № 2002108274; заявл. 18.10. 02; опубл. 15.10. 03, Бюл. № 10. – 3 с.

9. Пат. 66253А Україна, МКВ А01В77/00. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / Грушецький С.М., Самокиш М.І., Бендера І.М., Роздорожнюк П.І., Врадин В.В. – № 2003098307; заявл. 08.09. 03; опубл. 15.04. 04, Бюл. № 4. – 4 с.

10. Пат. 66658А Україна, МКВ А01D17/04. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / Грушецький С.М., Самокиш М.І., Бендера І.М., Роздорожнюк П.І., Врадин В.В. – № 2003087897; заявл. 21.08. 03; опубл. 17.05. 04, Бюл. № 5. – 4 с.

11. Пат. 8086 Україна, МКВ А01В77/00. Профілемір / Грубий В.П., Бендера І.М., Фірман Ю.П., Грушецький С.М. – № 200500373; заявл. 17.01. 05; опубл. 15.07. 05, Бюл. № 7. – 3 с.

12. Пат. № 31779 Україна, МПК (2006) А01D21/00. Леміш коренебульбо-збиральної машини / Грушецький С.М., Бендера І.М., Білоус С.В. (Україна). – № u 2007 12978; заявл. 23.11. 2007; опубл. 25.04. 2008, Бюл. № 8. – 6 с.

13. Пат. № 31871 Україна, МПК (2006) А01В15/00 Леміш / Грушецький С.М., Бендера І.М., Слотвінський В.О. (Україна). – № u 2007 13880; заявл. 11.12. 2007; опубл. 25.04. 2008, Бюл. № 8. – 6 с.

14. Грушецький С.М. Методика використання вимірювальних комплексів на заняттях з випробування сільськогосподарської техніки при підготовці інженерів-механіків / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Ю.П. Фірман, В.В. Майсус // Вища аграрна освіта України. – К.: Наукметодцентр, 2004. – № 25. – С. 6-8.

15. Грушецький С.М. Патенти і авторські свідоцтва / С.М. Грушецький, М.І. Алещенко, І.М. Бендера, (гол. ред.) Бурдега В.Ю. та ін. // Інститут механізації і електрифікації сільського господарства. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2006. – С. 268-271.

16. Грушецький С.М. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / С.М. Грушецький, М.І. Самокиш, І.М. Бендера, П.І. Роздорожнюк // Наукові розробки рекомендовані виробництву: доп. і перер. під заг. ред. І.М. Бендери, О.В. Ткача. Хмельницький ЦНТІ – Хмельницький, 2006. – № 4 – С. 25, 28.

17. Грушецький С.М. Профілемір / С.М. Грушецький, В.П. Грубий, І.М. Бендера, Ю.П. Фірман. // Наукові розробки рекомендовані виробництву: доп. і перер. під заг. ред. І.М. Бендери, О.В. Ткача. Хмельницький ЦНТІ – Хмельницький, 2006. – № 4 – С. 32.

18. Грушецький С.М. Лемішно-полицевий картоплекопач / С.М. Грушецький, І.М. Бендера // Наукові пошуки молоді у третьому тисячолітті: VI державна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і докторантів. – Біла Церква, 2007. – С. 85.

АНОТАЦІЇ

Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Вінницький державний аграрний університет, Вінниця, 2008.

Дисертаційна робота присвячена питанню зменшення механічних пошкоджень бульб при забезпеченні якісних показників процесу сепарації картопляного вороху шляхом розробки конструкції і оптимізації параметрів та режимів роботи лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором. Розроблено математичні моделі руху тіла по поверхні лемішно-полицевій і сепаратору та процесу сепарації трикомпонентного картопляного вороху. Одержані теоретичні і експериментальні залежності впливу конструктивних та кінематичних параметрів роботи машини і сепаратора на якісні показники роботи. Складено алгоритм технологічного розрахунку картоплекопача. Експериментально визначено емпіричні коефіцієнти математичної моделі для суглинку середнього. Визначено раціональні параметри процесу сепарації, на основі яких отримано раціональні параметри та режими роботи барабанного сепаратора. На основі проведених експериментальних досліджень встановлено аналітичні залежності показників якості роботи сепаратора та потужності на його привод і загальну потужність на агрегування від режимів роботи, а також перевірено математичну модель на адекватність. Проведено економічне оцінювання ефективності використання лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором.

Ключові слова: лемішно-полицевий картоплекопач, барабанний сепаратор, картопляний ворох, процес сепарації, оптимізація, потужність на агрегування.

Грушецкий С.Н. Обоснование конструкции и параметров лемешно-отвального картофелекопателя с барабанным сепаратором картофельного вороха. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Винницкий государственный аграрный университет, Винница, 2008.

Диссертационная работа посвящена вопросу уменьшения механических повреждений клубней при обеспечении качественных показателей процесса сепарации картофельного вороха путём разработки конструкции и оптимизации параметров и режимов работы лемешно-отвального картофелекопателя с барабанным сепаратором.

В работе выполнен анализ существующих конструктивно-технологических схем картофелеуборочных машин, анализ конструкций и результаты экспериментально-теоретических исследований подкапывающих рабочих органов, способов активизации сепарации и воздействий рабочих органов на картофельный ворох, который показал, что несовершенство существующей картофелеуборочной техники состоит, прежде всего, в низкой надежности выполнения технологического процесса при отклонении условий уборки от своего допустимого значения. Поэтому важным заданием есть разработка такой картофелеуборочной машины с сепарирующим устройством, которая бы позволяла изменять степень своего воздействия на картофельный ворох, тем самым приспособиваясь к конкретным условиям уборки.

На основании проведенных комплексных исследований предложен новый способ

воздействия на картофельный ворох, лемешно-отвальной копалкой с барабанным сепаратором, который позволяет реализовать этот способ.

Теоретически исследовано явление сепарации и разработаны математические модели движения тела по поверхности лемешно-отвальной и сепаратору и процесса сепарации трехкомпонентного картофельного вороха. Получены теоретические и экспериментальные зависимости влияния конструктивных и кинематических параметров работы машины и сепаратора на качественные показатели работы. Составлен алгоритм технологического расчета картофелекопателя.

Экспериментально определены эмпирические коэффициенты математической модели для суглинка среднего. Разработана методика исследований, изготовлен испытательный образец лабораторной установки для исследования барабанного сепаратора на рациональные параметры процесса сепарации, на основании которых установлены рациональные параметры и режимы работы барабанного сепаратора и мощности на его привод. Изготовлена полевая установка для исследования картофелекопателя в целом на эффективность сепарации, степень повреждения, величину потерь и общую мощность на агрегатирование.

Полученные данные позволили построить номограмму для выбора рациональных режимов работы сепаратора, а также проверить адекватность теоретической модели.

Проведено экономическое оценивание эффективности использования картофелекопателя с барабанным сепаратором. Выполненные расчеты показывают, что использование разработанного картофелекопателя в картофелеуборочных машинах позволит повысить производительность их работы, а также уменьшит степень повреждения ими картофеля. Ожидаемый экономический эффект от использования лемешно-отвального картофелекопателя с барабанным сепаратором составляет около 487 грн. на один гектар убранной площади.

Ключевые слова: лемешно-отвальный картофелекопатель, барабанный сепаратор, картофельный ворох, процесс сепарации, оптимизация, мощность на агрегатирование.

Hrushetskiy S.M. Ground of construction and parameters of ploughshare-turn potato-harvesting with the drum separator of potato lots. – Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after speciality 05.05.11 are machines and facilities of mechanization of agricultural production. it is the Winnitca state agrarian university, Winnitca, 2008.

Dissertation work is devoted the question of diminishing of mechanical damages of tubers, that provides the best storage them, increase of indexes of quality of work of potato-harvesting machines due to development of ploughshare-turn potato-harvesting with a drum separator and ground of his construction and rational parameters and office hours. The mathematical models of motion of body are developed on the surface of ploughshare-turn and separator and process of separator of three-component potato lots. Theoretical and experimental dependences of influence of structural and kinematics parameters of work of machine and separator are got on the high-quality indexes of work. The algorithm of technological calculation of potato-harvesting is made. Experimentally certainly empiric coefficients of mathematical model for the loam of middle. Certainly rational parameters of process separator on the basis of which certainly rational parameters and modes of operations of drum separator. On the basis of the conducted experimental researches analytical dependences of indexes of quality of work of separator and power are set on his drive and general power on an unitization from office hours, and also a mathematical model is tested on adequacy. The economic evaluation of efficiency of the use of potato-harvesting is conducted with a drum separator.

Keywords: potato-harvesting machines, drum separator, potato lots, process of separator, optimization, power on an unitization.

Підписано до друку 08.09.2008 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний №1.
Тираж 100 прим. Ум. др. арк. 1,0. Замовлення №3-108.

Видавничо-поліграфічна фірма “АБЕТКА”
вул. Князів Коріатовичів, 9а, м. Кам’янець-Подільський
Хмельницької області, 32300. Тел. (03849) 2-73-84.
Свідоцтво №111 від 19.06.2006 р.